

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab 2 menjelaskan mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori tentang pengukuran waktu kerja, peta proses operasi, peta tangan kiri tangan kanan, peta pekerja mesin, waktu siklus, waktu baku, *fish bone diagram*, dan simulasi untuk mengetahui penelitian terdahulu yang sudah dilakukan serta memberikan gambaran melalui teori yang akan dipaparkan.

2.1. Tinjauan Pustaka

Tujuan dari tabel ini adalah membandingkan hasil penelitian terdahulu yang memiliki permasalahan yang serupa dengan permasalahan yang akan dibahas saat ini. Dengan adanya tabel perbandingan ini diharapkan adanya pengembangan dan beberapa hal yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan diselesaikan.

2.2.1. Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1. Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu Untuk Studi Waktu

No	Deskripsi	Mubarak (2015)	Sugito (2015)	Utomo (2018)	Vristanti (2018)
1	Rumusan Masalah	Berapa lama waktu standar yang digunakan untuk memproduksi satu pasang sepatu?	Bagaimana meningkatkan produktivitas pada lini <i>Compressor With Clutch</i> .	Banyaknya jenis komponen yang dibuat oleh CV. Putra Mandiri Jakarta	Waktu baku yang belum ditetapkan
		Bagaimana keseimbangan lintas produksi dalam proses pembuatan sepatu?	Bagaimana perbaikan yang dapat dilakukan untuk permasalahan <i>Bottleneck</i> pada lini <i>Compressor With Clutch</i> .	Pembuatan komponen yang <i>waiting list</i>	
2	Tujuan	Menentukan waktu standar untuk memproduksi sepasang sepatu	Mengetahui waktu proses <i>bottleneck</i> dan kendala yang ada di lini <i>Compressor With Clutch</i> .	Menghitung selisih waktu siklus, menentukan selisih faktor penyesuaian, waktu normal, faktor kelonggaran, waktu baku terbesar dan terkecil yang dibutuhkan oleh CV. Putra Mandiri Jakarta dalam proses pembuatan <i>Pulley</i>	Mengetahui <i>output</i> standar dari suatu aktivitas kerja pada proses pembuatan <i>Spring Bed Bigland</i> 180 x 200 di PT. Malindo Intitama Raya.
		Mengetahui keseimbangan lintas produksi perusahaan	Meningkatkan Produktivitas dengan cara <i>improvement</i> pada beberapa proses untuk menurunkan waktu proses penyebab <i>bottleneck</i> pada lini <i>Compressor With Clutch</i> .		Menghitung tenaga kerja yang optimal pada proses pembuatan <i>Spring Bed Bigland</i> 180 x 200 di PT. Malindo Intitama Raya.

Tabel 2. 1. Tabel Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu Untuk Studi Waktu

No	Deskripsi	Mubarak (2015)	Sugito (2015)	Utomo (2018)	Vristanti (2018)
3	Metode	Observasi	Observasi dan <i>Time Motion Study</i>	Obeservasi (jam henti)	Obeservasi
4	Hasil	Waktu standar yang dibutuhkan dan <i>output</i> standar	Beberapa <i>Improvement</i> menghasilkan perubahan seperti waktu standar, kapasitas produksi, menurunkan <i>bottleneck</i> .	Selisih waktu siklus, faktor penyesuaian, waktu normal, faktor kelonggaran, waktu baku terbesar dengan terkecil	Waktu baku, <i>output</i> standar, kebutuhan tenaga kerja yang optimal
5	Solusi	Membagi 13 tahapan proses pembuatan sepatu ke dalam 3 stasiun kerja. stasiun 1 adalah proses pemotongan, plong atas, plong bawah dan sablon. Stasiun kerja 2 adalah proses jahit. Stasiun kerja 3 adalah skrabel, injeks, pencucian sepatu, pemasangan tali, pemasangan alas, pemberian harga, memasukkan busa dan pengepakan.	Analisa terhadap permasalahan yang terjadi serta melakukan perbaikan dengan cara menurunkan <i>Cycle time</i> pada beberapa proses yang memiliki <i>cycle time</i> tinggi.	Memberikan ketetapan waktu siklus, faktor penyesuaian, waktu normal, faktor kelonggaran, waktu baku yang sudah disesuaikan dengan batas waktu terlama dan batas waktu tercepat	Memberikan penghargaan kepada pekerja yang berhasil meningkatkan <i>output</i> standar. Menentukan waktu standar pembuatan <i>spring bed</i> . Menentukan <i>output</i> standar. Menentukan kebutuhan tenaga kerja yang optimal.

Tabel 2. 1. Tabel Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu Untuk Studi Waktu

No	Deskripsi	Mubarak (2015)	Sugito (2015)	Utomo (2018)	Vristanti (2018)
6	Keuntungan	Membuat waktu standar yang digunakan lebih realistis dan valid karena data yang digunakan data hasil observasi	Membuat waktu standar yang digunakan lebih realistis dan valid karena data yang digunakan data hasil observasi	Membuat waktu standar yang digunakan lebih realistis dan valid karena data yang digunakan data hasil observasi	Membuat waktu standar yang digunakan lebih realistis dan valid karena data yang digunakan data hasil observasi
7	Kerugian	Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data yang valid	Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data yang valid	Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data yang valid	Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data yang valid

Tabel 2. 2 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu Untuk Simulasi

No	Deskripsi	Hardiyatmo (2007)	Hursepuny (2014)
1	Rumusan masalah	Bagaimana untuk menentukan jumlah kasir yang tepat pada swalayan Luwes agar meminimasi biaya total yang dikeluarkan?	Bagaimana untuk menentukan jumlah kasir yang tepat untuk Swalayan Indo Jaya?
2	Tujuan	Mencari berbagai alternatif pengaruh jumlah kasir terhadap panjang antrian.	Mencari usulan jumlah kasir yang tepat.
		Menentukan jumlah kasir yang tepat untuk setiap shift kerja.	Mengoptimalkan waktu dengan cara memastikan bahwa pelanggan tidak mengantri terlalu lama dan kasir tidak menganggur terlalu lama

Tabel 2. 2. Tabel Lanjutan Perbandingan Penelitian Terdahulu Untuk Simulasi

No	Deskripsi	Hardiyatmo (2007)	Hursepuny (2014)
3	Metode	Pengamatan langsung kelokasi penelitian.	Pengamatan langsung kelokasi penelitian.
4	Hasil	Waktu pelayanan dan standar deviasi untuk pelayanan kasir berdasarkan distribusi normal dan distribusi weibull	Pola distribusi data untuk waktu pelayanan dan standar deviasi yang memiliki distribusi normal. Polas distribusi data untuk waktu antar kedatangan dan standar deviasi yang memiliki distribusi weibull
		Jumlah kasir, biaya kasir dan biaya antrian yang ideal untuk shift 1 dan shift 2	Jumlah kasir yang ideal untuk shift 1 dan shift 2
5	Solusi	Mengurangi jumlah kasir pada swalayan dan untuk dipindahkan ke pekerjaan yang lain	Mengurangi jumlah kasir pada swalayan dan mengalokasikan ke pekerjaan lain.
		Membuat layanan khusus untuk pengunjung yang belanjanya dalam jumlah banyak.	Membuat layanan kasir khusus untuk belanjaan yang lebih dari 12 item belanjaan.
6	Keuntungan	Membuat biaya operasional menjadi lebih murah.	Membuat biaya operasional menjadi lebih murah.
7	Kerugian	Menimbulkan antrian panjang pada waktu-waktu tertentu.	Menimbulkan antrian panjang pada waktu-waktu tertentu.

Pada bagian tabel perbandingan penelitian terdahulu terdapat dua topik yang dijadikan sebagai perbandingan. Topik pertama yang dibandingkan adalah topik untuk studi waktu sedangkan topik kedua untuk simulasi. Topik studi waktu dan simulasi merupakan gambaran topik yang akan dibahas pada tugas akhir ini. Pada tabel 2.1 terdapat empat sumber, dari keempat sumber tersebut memiliki kesamaan yaitu menggunakan studi waktu sebagai dasar dalam melakukan penelitiannya. Namun keempat sumber tersebut menyelesaikan permasalahan yang berbeda-beda. Seperti Mubarak (2015) menggunakan studi waktu untuk menyelesaikan permasalahan pembagian tahapan produksi menjadi tiga stasiun kerja. Lalu Sugito (2015) menggunakan studi waktu untuk mengetahui terjadinya permasalahan *bottleneck* pada lini produksi yang memberikan solusinya melakukan *improvement* untuk menurunkan *cycle time*. Lalu Utomo (2018) menggunakan studi waktu untuk menghitung selisih waktu siklus, waktu normal dan waktu baku untuk menentukan batas waktu terlama dan batas waktu tercepat dalam pembuatan suatu produk. Dan Vristanti (2018) menggunakan studi waktu untuk menghitung waktu baku yang akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan output standar dan perhitungan jumlah tenaga kerja yang optimal.

Pada tabel 2.2 terdapat dua sumber. Dari kedua sumber tersebut memiliki kesamaan yaitu menggunakan simulasi sebagai dasar dalam melakukan penelitiannya. Dari kedua penelitian tersebut Hadiyatmo (2007) menggunakan simulasi sebagai dasar untuk mencari alternatif jumlah kasir untuk memecah Panjang antrian yang terjadi. Sedangkan Hursepuny (2014) menggunakan simulasi sebagai dasar untuk menentukan jumlah kasir dan mengoptimalkan waktu dengan cara mengurangi waktu menunggu pada antrian kasir.

2.2.2. Penelitian Sekarang

Dalam sub sub bab “penelitian sekarang” akan membahas mengenai penelitian yang dilakukan yang permasalahannya adalah usulan peningkatan potensi kapasitas produksi matras *spring bed*. Permasalahan ini diambil dari studi kasus pada PT. Sinar Gunung Jati yang bergerak dibidang *furniture* khususnya dalam hal ini penelitian dilakukan pada produksi matras *spring bed*. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengamatan dan permintaan dari pihak perusahaan agar dapat meningkatkan potensi kapasitas produksi matras *spring bed*. Penelitian sekarang ini menggabungkan dua metode sebagai dasar dalam memberikan usulan untuk meningkatkan kapasitas produksi matras *spring bed*. Metode studi waktu yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak kapasitas tersebut dapat ditingkatkan dan simulasi digunakan untuk memberikan usulan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi matras *spring bed*.

2.2. Pengukuran Waktu Kerja

Metode yang paling efektif dan efisien untuk dilakukan dalam memperoleh waktu dalam aktivitas produksi adalah dengan metode pengukuran waktu kerja yang mengaplikasikan teknik dan prinsip-prinsip dalam mengatur cara kerja yang optimal berdasarkan seberapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Untuk mencapai beberapa hal tersebut diperlukan penerapan prinsip dan teknik pengukuran waktu kerja yang baik dan benar. Pengukuran waktu kerja merupakan proses untuk menentukan seberapa lama waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator dengan kemampuan dan kompetensi tertentu yang dimiliki oleh operator tersebut dalam menyelesaikan sebuah pekerjaan yang didasari oleh performansi yang sudah ada. Pengukuran dalam waktu kerja dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan waktu baku, waktu *transport* dan waktu tunggu yang dipakai seorang operator untuk menyelesaikan suatu operasi produksi dari awal memulai operasi sampai dengan akhir operasi, menghasilkan produk. Waktu baku merupakan waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang memiliki kemampuan dan kompetensi dari pekerja itu sendiri sudah disesuaikan dengan standar yang ada (dengan kemampuan yang rata-rata) untuk menyelesaikan suatu operasi produksi. Dengan adanya waktu baku, waktu *transport* dan waktu tunggu, ketiga waktu tersebut dapat digunakan untuk menentukan beberapa hal seperti:

- a. Menentukan kapasitas/jumlah barang yang dapat di produksi dalam satuan waktu.
- b. Menetapkan jumlah stasiun kerja yang harus digunakan serta jumlah operator yang harus dipekerjakan.
- c. Membandingkan jumlah hasil produksi dengan permintaan pasar yang ada, apakah jumlah hasil produksi selalu dapat memenuhi permintaan pasar.

Dalam waktu baku, terdapat waktu kelonggaran dan waktu toleransi yang diberikan untuk mempertimbangkan situasi dan kondisi dari operator dalam proses bekerja. Oleh karena itu waktu baku seringkali dijadikan sebagai referensi perusahaan dalam menentukan *output* produksi. Berkaitan dengan hal tersebut maka waktu baku dapat digunakan untuk menentukan berapa lama operasi produksi berlangsung, berapa lama operasi produksi tersebut bisa diselesaikan, dan berapa banyak jumlah tenaga kerja yang harus dipekerjakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Beberapa teknik yang sering bahkan pada umumnya digunakan dalam pengukuran waktu kerja (Wignjosoebroto, 2000) adalah:

- a. Pengukuran waktu secara langsung.

Pengukuran waktu kerja dengan metode pengukuran secara langsung adalah pengukuran waktu kerja yang dilakukan pada lokasi dimana pekerjaan tersebut sedang berlangsung/beroperasi. Pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran dengan menggunakan jam henti dan menggunakan sampling kerja.

- b. Pengukuran waktu secara tidak langsung.

Pengukuran waktu kerja dengan metode pengukuran secara tidak langsung merupakan pengukuran waktu kerja yang dapat dilakukan seorang peneliti dengan cara peneliti tidak berada pada lokasi dimana pekerjaan tersebut sedang beroperasi. Metode ini digunakan dengan cara menggunakan data-data dari tabel yang sudah tersedia. Dalam hal ini seorang pengamat diharuskan untuk mengetahui alur pekerjaan dan elemen-elemen apa saja yang dilewati oleh pekerjaan tersebut. Data yang digunakan adalah data waktu baku dan data waktu gerakan.

2.1.1. Uji Keseragaman Data

Untuk mendapatkan data yang sesuai dibutuhkan pengujian terhadap suatu data, uji keseragaman data merupakan salah satu alat pengujian yang dapat digunakan

untuk memastikan bahwa data yang sudah diambil sebelumnya merupakan data yang seragam. Uji keseragaman dapat dilakukan dengan cara memvisualisasikan data dengan menggunakan peta kontrol. Dalam peta kontrol akan diketahui data yang sudah sesuai dan data yang ekstrim. Data ekstrim merupakan data yang terlalu besar atau terlalu kecil penyimpangannya berdasarkan dari trend rata-ratanya. Apabila ditemukan data ekstrim maka data tersebut tidak dapat digunakan atau dibuang sehingga tidak dapat dimasukkan sebagai data yang dapat diperhitungkan. Pada peta kontrol terdiri dari empat data pengamatan yang apabila diplotkan secara berurutan akan membentuk peta kontrol tersebut. Rata-rata \bar{x} dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n_i} \quad (2.1)$$

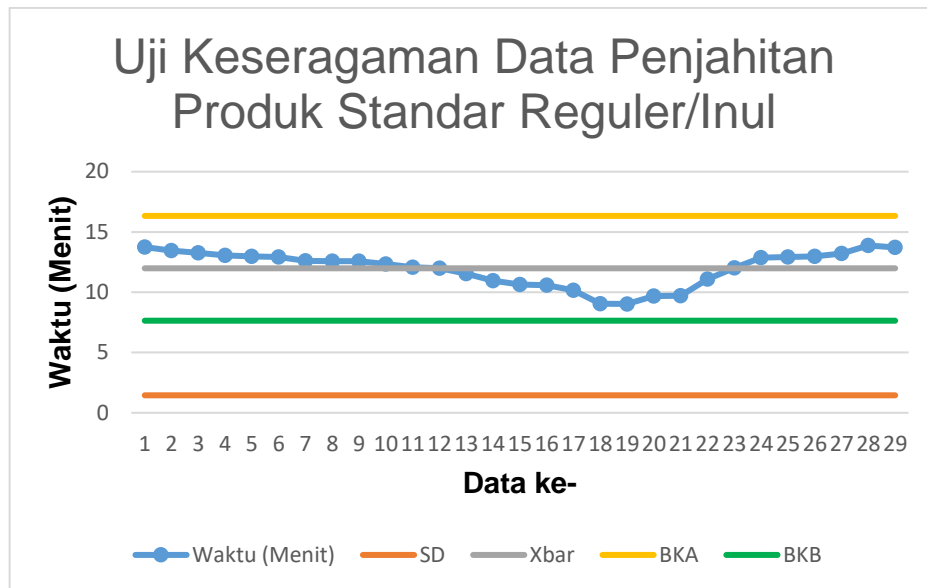
Dimana $\sum X_i$ merupakan hasil penjumlahan data yang sudah dikumpulkan sedangkan " n_i " merupakan banyaknya data yang sudah dikumpulkan.

Setelah didapatkan \bar{x} , maka selanjutnya adalah mencari nilai Batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) yang dapat dicari dengan menggunakan rumus

$$BKA = \bar{X} + 3SD \quad (2.2)$$

$$BKB = \bar{X} - 3SD \quad (2.3)$$

Dimana \bar{X} merupakan rata-rata dari data yang sudah didapatkan, sedangkan SD merupakan standar deviasi dari data yang sudah didapatkan.



Gambar 2. 1. Contoh Peta Kontrol

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 2.1 merupakan contoh dari peta kontrol untuk uji keseragaman data untuk stasiun kerja penjahitan dengan jenis produk standar regular/inul. Garis berwarna abu-abu merupakan garis data untuk rata-rata, garis berwarna merah merupakan garis data untuk standar deviasi, garis berwarna kuning merupakan garis data untuk batas kendali atas, garis berwarna hijau merupakan garis data untuk batas kendali bawah dan gambar titik-titik berwarna biru merupakan sebaran data yang sudah diperoleh.

2.1.2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data merupakan alat pengujian yang dapat digunakan untuk memastikan bahwa data yang sudah didapatkan sudah mencukupi dan dapat dilakukan perhitungan waktu baku. Dalam pengujian kecukupan data dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, berikut ini merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi dalam pengujian kecukupan data.

a. Tingkat ketelitian

Tingkat ketelitian merupakan tingkat penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya.

b. Tingkat kepercayaan

Tingkat kepercayaan merupakan seberapa besar tingkat keyakinan dari seorang pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian yang digunakan.

Jadi, jika penetapan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95% maka pengukur memperbolehkan rata-rata dari hasil penyimpangan sejauh 5% dari rata-rata sebenarnya dan kemungkinan untuk mencapai kondisi tersebut sebesar 95%.

Untuk menghitung uji kecukupan data dibutuhkan tabel K untuk menentukan nilai K berdasarkan tingkat ketelitian yang ditentukan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Nilai K untuk berbagai tingkat keyakinan

Tingkat keyakinan ($1-\alpha$)	K
$(1-\alpha) \leq 68,27\%$	1
$68,27\% < (1-\alpha) \leq 95,45\%$	2
$95,45\% < (1-\alpha) \leq 99,73\%$	3

$$N' = \left[\frac{K/S \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (2.4)$$

Keterangan:

N = Jumlah pengamatan yang sudah dilakukan

N' = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan

K = Koefisien tingkat keyakinan

S = Tingkat ketelitian

X_i = Data pengamatan

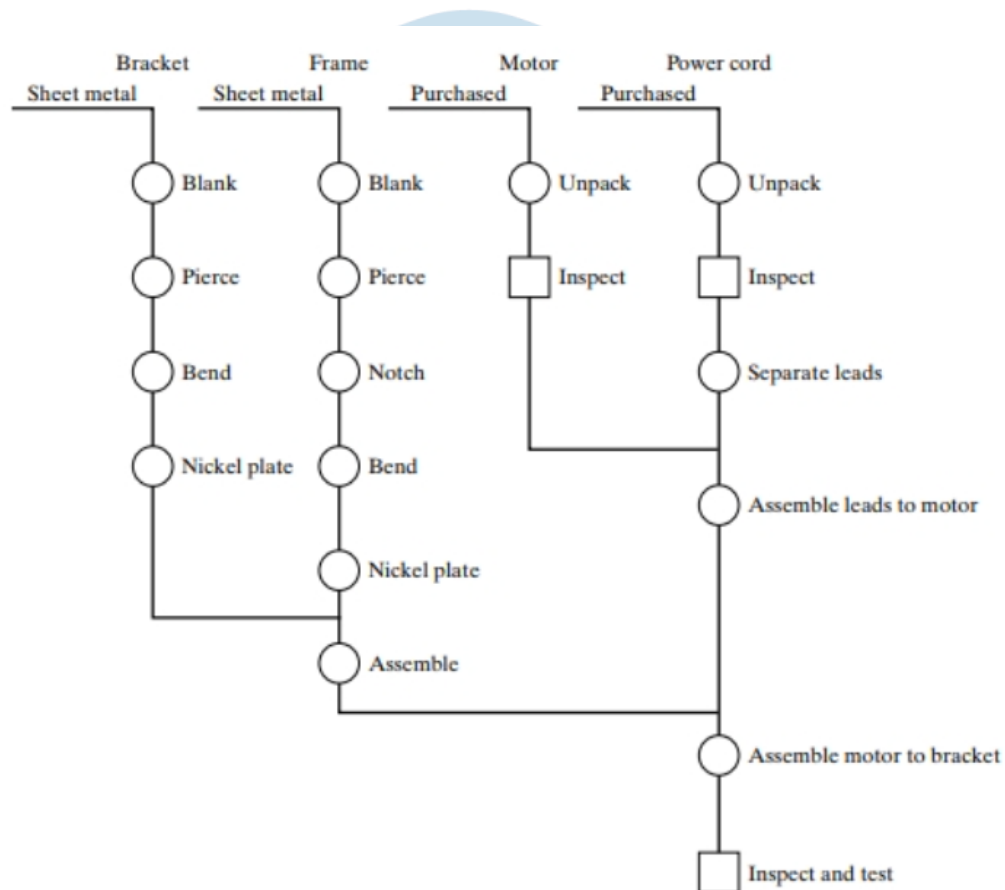
2.3. Peta Proses Operasi (PPO)

Menurut Wignjosoebroto (2006), Peta Proses Operasi (PPO) merupakan peta kerja yang berfungsi untuk menggambarkan urutan kerja dengan cara membagi suatu pekerjaan menjadi elemen-elemen operasi secara detail. Proses pengurutan harus dilakukan secara logis dan sistematis sehingga dapat menggambarkan proses awal (*raw material*) sampai menjadi produk akhir (*finished goods product*) sehingga dalam analisis perbaikannya dari masing-masing elemen kerja secara individu maupun secara keseluruhan dapat dengan mudah dilakukan. Dengan adanya peta proses operasi (PPO) dapat memberikan beberapa manfaat yang didapatkan diantaranya adalah:

- Mengetahui jenis proses atau jenis mesin yang dapat digunakan untuk pelaksanaan operasi kerja dan anggarannya.

- b. Mengetahui kebutuhan bahan baku sebagai dasar untuk memperhitungkan efisiensi pada setiap elemen operasi kerja atau pemeriksaan.
- c. Mengetahui pola tata letak fasilitas kerja dan aliran pemindahan material.
- d. Mengetahui alternatif perbaikan cara kerja yang sedang digunakan.

Berikut ini merupakan langkah secara sistematis pembuatan peta proses operasi dan cara membaca peta proses operasi yang digambarkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Langkah-Langkah Sistematis Pembuatan Peta Proses Operasi

(Sumber: Groover, 2007)

2.4. Peta Tangan Kiri Tangan Kanan (PTKTK)

Peta tangan kiri tangan kanan merupakan peta kerja setempat yang digunakan untuk menganalisis gerakan tangan manusia dalam melakukan pekerjaan yang bersifat manual. Dengan adanya peta tangan kiri tangan kanan akan mempermudah dalam menggambarkan setiap gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan secara detail sesuai dengan elemen-elemen yang membentuk gerakan tersebut. Menurut Wignjosoebroto (2006) dalam pembuatan

peta tangan kiri tangan kanan akan lebih efektif jika hanya 8 elemen gerakan *Therblig* yang digunakan diantaranya adalah *Reach* (RE) yaitu gerakan menjangkau, *Grasp* (G) yaitu gerakan memegang, *Move* (M) yaitu gerakan membawa, *Position* (P) yaitu gerakan untuk mengarahkan, *Use* (U) yaitu gerakan untuk menggunakan, *Release* (RL) yaitu gerakan untuk melepas, *Delay* (D) yaitu gerakan untuk menganggur, dan *Hold* (H) yaitu gerakan memegang untuk memakai.

Dalam pembuatannya penggambaran peta dari peta tangan kiri tangan kanan dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Menuliskan judul peta yaitu peta tangan kiri tangan kanan dan mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pekerjaan yang akan dianalisis seperti nama pekerjaan, departemen, nomor peta, dan lain-lain.
- b. Menggambar peta yang akan dibuat berdasarkan skala waktu dan peta skala untuk menggambarkan gerakan dari tangan kiri dan tangan kanan. Deskripsi dari tiap elemen dapat dicantumkan dalam peta tangan kiri tangan kanan. Setiap elemen harus dibagi secara jelas untuk mempermudah proses pengambilan data waktu.
- c. Menggambar peta tangan kiri dan tangan kanan harus dilakukan dengan cara menyelesaikan peta tangan kiri terlebih dahulu selama satu siklus kerja, kemudian dapat dilanjutkan dengan pemetaan secara lengkap gerakan yang dilakukan oleh tangan kanan. Penggambaran peta biasanya dilakukan setelah elemen melepas (*release*) dengan kode "RL" dilakukan pada *finished part*. Setelah elemen melepas biasanya diikuti dengan gerakan berikutnya adalah gerakan kerja untuk siklus operasi yang baru yaitu meraih (*reach*) benda kerja baru dan seterusnya.

Setelah seluruh gerakan tangan kiri dan tangan kanan selesai dipetakan dalam satu siklus kerja seperti pada gambar 2.3 maka, selanjutnya adalah melakukan kesimpulan yang perlu dibuat pada bagian terbawah dari peta kerja tersebut. kesimpulan yang dapat dibuat adalah total waktu siklus yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan, jumlah produk per siklus dan total waktu penyelesaian kerja per unit produk. Jumlah waktu kerja untuk tangan kiri dan tangan kanan harus sama. Dalam peta tangan kiri tangan kanan berfungsi untuk menggambarkan produktifitas kegiatan produksi, mengetahui keseimbangan kerja yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan. Setelah semuanya sudah selesai dibuat

Langkah selanjutnya adalah menganalisis perbaikan-perbaikan yang dapat dilakukan agar gerakan kerja menjadi lebih efektif dan efisien dalam hal ini analisis dilakukan untuk memperbaiki kondisi dimana tangan terlalu banyak melakukan gerakan “*Delay*” atau “*Hold*”



PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN							
Pekerjaan	: Packing						
Departemen	: Matras						
Nomor Peta	: O - 9						
Sekarang : <input checked="" type="checkbox"/>	Usulan :						
Dipetakan Oleh	: Reynaldi Christianto						
Tanggal Dipetakan	: 31 Mei 2021						
<div><div></div><div><div>Bahan Pembantu</div><div>Pisau Mika</div></div></div>							
Tangan Kiri	Jarak (cm)	Waktu (det)	Lambang		Waktu (det)	Jarak(cm)	Tangan Kanan
Menjangkau mika	160	3	RE	RE	3	160	Menjangkau mika
memegang mika		5	G	G	5		memegang mika
membawa mika ke meja	100	10	M	M	10	100	meletakkan mika ke meja
Meletakkan mika	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan mika
menjangkau matras	160	3	RE	RE	3	160	menjangkau matras
memegang matras		5	G	G	5		memegang matras
memindahkan matras ke meja kerja	120	5	M	M	5	120	memindahkan matras ke meja kerja
meletakkan matras ke meja kerja	80	3	RL	RL	3	80	meletakkan matras ke meja kerja
Menjangkau mika	30	3	RE	RE	3	30	Menjangkau mika
memegang mika		3	G	G	3		memegang mika
melapisi matras dengan mika		13	U	U	13		melapisi matras dengan mika
Meletakkan mika	30	3	RL	RL	3	30	meletakkan mika
Menunggu		3	D	RE	3	30	Menjangkau gunting
Memegang gulungan mika		3	G	G	3		Memegang gunting
memotong gulungan mika		6	U	U	6		memotong gulungan mika
meletakkan mika	30	3	RL	RL	3	30	meletakkan gunting
Menjangkau Lakban	75	3	RE	RE	3	75	Menjangkau Lakban
memegang Lakban		5	G	G	5		memegang Lakban
melakban mika		18	U	U	18		melakban mika
Meletakkan lakban	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan lakban
menjangkau karton siku	50	3	RE	RE	3	50	menjangkau karton siku
memegang karton siku		5	G	G	5		memegang karton siku
memasang karton siku		7	U	U	7		memasang karton siku
Meletakkan karton siku	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan karton siku
Menjangkau Lakban	75	3	RE	RE	3	75	Menjangkau Lakban
memegang Lakban		5	G	G	5		memegang Lakban
melakban mika		27	U	U	27		melakban mika
Meletakkan lakban	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan lakban
Menjangkau label, kartu garansi dan sticker	30	5	RE	RE	5	30	Menjangkau label, kartu garansi dan sticker
memasang label		3	U	U	3		memasang label
memasang kartu garansi		3	U	U	3		memasang kartu garansi
memasang sticker		3	U	U	3		memasang sticker
Meletakkan label. Kartu garansi, dan sticker	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan label. Kartu garansi, dan sticker
Menjangkau Lakban	75	3	RE	RE	3	75	Menjangkau Lakban
memegang Lakban		5	G	G	5		memegang Lakban
melakban mika		23	U	U	23		melakban mika
Meletakkan lakban	30	3	RL	RL	3	30	Meletakkan lakban
Total		207			207		Total
Ringkasan							
Waktu Tiap Siklus		207					
Jumlah Produksi Tiap Siklus		1					
Waktu Untuk membuat Satu produk		207					

Gambar 2. 3. Contoh Peta Tangan Kiri Tangan Kanan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.5. Peta Pekerja Mesin (PPM)

Menurut Wignjosoebroto (2006) peta pekerja mesin merupakan peta yang dapat menunjukkan hubungan waktu kerja antara siklus kerja operator (pekerja) dan siklus operasi dari mesin atau fasilitas kerja lainnya yang ditangani oleh pekerja dan mesin seringkali bekerja secara bergantian. Terdapat empat kemungkinan yang terjadi hubungan kerja antara pekerja dan mesin adalah:

- a. Operator bekerja – mesin menganggur (*idle*)
- b. Operator menganggur – mesin bekerja
- c. Operator bekerja – mesin bekerja
- d. Operator menganggur – mesin menganggur

Kondisi menganggur (*idle*) merupakan suatu hal yang merugikan, waktu menganggur harus dihilangkan atau paling tidak ditekan seminimal mungkin dengan tetap mempertimbangkan Batasan kemampuan manusia dan mesin. Peta pekerja dan mesin merupakan peta yang menggambarkan koordinasi antara waktu untuk bekerja dan menganggur dari kombinasi siklus kerja operator dengan mesin. Peta pekerja mesin berfungsi untuk menganalisis agar waktu menganggur dapat dikurangi. Berikut ini merupakan prosedur pembuatan peta pekerja mesin:

- a. Menuliskan peta pekerja mesin sebagai judul dari peta yang akan dibuat serta segala informasi yang berhubungan dalam menganalisis masalah yang akan dianalisis seperti nama pekerjaan, departemen, nomor peta, mesin yang akan digunakan, dan lain-lain.
- b. Setelah semua informasi diisi dengan lengkap, selanjutnya adalah menguraikan setiap elemen pekerjaan baik pekerja maupun mesin yang terjadi dilapangan. Peta pekerja dan mesin digambarkan dalam dua kotak yang akan menunjukkan waktu aktivitas berlangsung dan hubungan kerja.
- c. Warna kotak yang menunjukkan hubungan kerja dibagi menjadi tiga warna putih yang menggambarkan kondisi menganggur, abu-abu yang menggambarkan kondisi pekerjaan yang dilakukan secara independent, dan hitam yang menggambarkan kondisi pekerjaan yang dilakukan secara gabungan antara pekerja dan mesin.
- d. Elemen kerja yang produktif maupun yang tidak produktif untuk pekerja maupun untuk mesin dapat dipetakan secara penuh sampai satu siklus kerja. Pada bagian bawah peta pekerja mesin dituliskan kotak waktu menganggur, waktu kerja dan waktu total untuk pekerja dan untuk mesin. Total waktu kerja operator harus sama dengan total waktu operasi mesin.

Tujuan dari penggunaan peta pekerja dan mesin seperti pada gambar 2.4 adalah untuk memastikan bahwa metode kerja yang dilakukan sudah baik atau dapat juga digunakan sebagai alat analisis untuk memperbaiki kondisi-kondisi mengganggu baik yang terjadi pada pekerja maupun pada mesin.

PETA PEKERJA DAN MESIN					
Pekerjaan		: Packing			
Nama Mesin		: Alat Lakban			
Nama Pekerja		: Agung			
Nomor Peta		: O-9			
Sekarang <input checked="" type="checkbox"/>		Usulan		Dipetakan Oleh : Reynaldi Christianto	
				Tanggal : 13 Juni 2021	
OPERATOR			ALAT LAKBAN		
Uraian		W (detik)		Uraian	
				W (detik)	
Menjangkau mika		3		Menganggur	
memegang mika		5		Menganggur	
meletakkan mika ke meja		10		Menganggur	
menjangkau matras		3		Menganggur	
memegang matras		5		Menganggur	
memindahkan matras ke meja kerja		5		Menganggur	
meletakkan matras ke meja kerja		3		Menganggur	
melapisi matras dengan mika		13		Menganggur	
memotong gulungan mika		6		Menganggur	
Menjangkau Lakban		3		Menganggur	
memegang Lakban		5		Menganggur	
melakban mika		18		melakban mika	
menjangkau karton siku		3		Menganggur	
memegang karton siku		5		Menganggur	
memasang karton siku		7		Menganggur	
melakban mika		27		melakban mika	
memasang label		3		Menganggur	
memasang kartu garansi		3			
memasang sticker		3			
melakban mika		23		melakban mika	
W = waktu dalam detik					
		Pekerja		Mesin	
Waktu Menganggur		0		85	
Waktu Kerja		153		68	
Waktu Total		153		153	

Gambar 2. 4. Contoh Peta Pekerja Mesin (PPM)

2.6. Perhitungan Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan mulai dari proses awal pada stasiun kerja tersebut sampai selesai tanpa mempertimbangkan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran. Waktu siklus digunakan sebagai dasar untuk menghitung waktu normal. Persamaan untuk waktu siklus adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu Siklus} = \frac{\text{Jumlah waktu seluruh pengamatan}}{\text{jumlah pengamatan}} \quad (2.5)$$

Berdasarkan persamaan diatas dapat dijelaskan bahwa waktu siklus merupakan hasil penjumlahan dari waktu pengamatan yang sudah didapatkan sebelumnya dibagi dengan banyaknya pengamatan yang dilakukan.

2.7. Menentukan Tingkat Performansi Pekerja

Menurut Wignjosoebroto (2006) tingkat performansi merupakan aktivitas untuk mengevaluasi atau menilai kecepatan operator secara wajar, sehingga dengan adanya tingkat performansi dapat membuat waktu kerja yang sudah didapatkan berdasarkan pengamatan yang sudah dilakukan merupakan waktu kerja yang normal. (Wignjosoebroto, 1995)

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat performansi pekerja, namun pada kali ini hanya dicantumkan tiga metode yang akan digunakan untuk memberikan tingkat performansi pekerja (Wignjosoebroto, 1995) diantaranya adalah:

a. Tingkat Performansi atau tingkat kecepatan

Penetapan tingkat yang berdasarkan pada salah satu faktor tunggal adalah kecepatan dan tempo pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Nilai dalam tingkat performansi dapat dinyatakan dalam angka desimal atau prosentase. Jumlah performansi kerja normal yang dilakukan oleh seorang operator adalah sama dengan 1 atau 100%

b. Tingkat Kemampuan dan Upaya

Cara yang digunakan untuk pengukuran kerja untuk menentukan tingkat performansi adalah mencakup kemampuan dari seorang pekerja dan upaya-upaya yang ditunjukan oleh pekerja pada saat melakukan proses operasi produksi, selain itu juga kelonggaran dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan.

c. Tingkat *Westinghouse system's*

Merupakan metode yang lebih lengkap, karena pada metode ini tidak hanya menilai tingkat kecakapan (*skill*) dan tingkat usaha (*effort*) melainkan terdapat faktor lain seperti kondisi kerja (*working codition*) dan konsistensi (*consistency*) yang akan membuat penilaian menjadi lebih objektif. Dalam penilaiannya *Westinghouse system's* membuat tabel *performance rating* yang didalamnya terdapat nilai-nilai angka yang berdasarkan tingkatan yang ada untuk masing-masing faktor tersebut. Penilaian *westinghouse system's* berfungsi untuk menornalkan waktu yang ada dengan cara mengalikan waktu yang diperoleh dari pengukuran kerja dengan jumlah keempat rating faktor yang sudah ditentukan

sesuai dengan *performance* operator. Berikut ini merupakan tabel dari *performance rating*.

Tabel 2. 4. Tabel *Performance Rating* dengan Sistem *Westinghouse*

Skill			Effort		
+0.15	A1	Superskill	+0.13	A1	Excessive
+0.13	A2		+0.12	A2	
+0.11	B1	Excellent	+0.10	B1	Excellent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Conditions			Consistency		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfect
+0.04	B	Excellent	+0.03	B	Excellent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

Pada tabel 2.4 merupakan tabel *performance rating* yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat performansi berdasarkan metode *Westinghouse*. Tabel tersebut merupakan tabel acuan dalam melakukan penilaian.

2.8. Menghitung Waktu Normal

Menurut Wignjosoebroto (2006) waktu normal merupakan waktu yang diperlukan oleh seorang pekerja yang memiliki berpengalaman, terlatih serta memiliki kemampuan rata-rata dalam mengoperasikan suatu operasi produksi pada kondisi serta kecepatan yang sama dengan rata-rata (normal). Waktu normal dapat juga dikatakan sebagai waktu murni, waktu murni memiliki makna bahwa waktu tersebut tidak memperhitungkan faktor lain yang dilakukan pada waktu baku. Terdapat persamaan untuk menghitung waktu normal, persamaan tersebut adalah:

$$W_n = W_p \times (R) \quad (2.6)$$

Dimana:

W_n = Waktu normal (satuan waktu)

W_p = Waktu pengamatan (satuan waktu)

R = Nilai peringkat performansi ($1 + w$)

w = Tingkat performansi untuk metode *westinghouse*

2.9. Menentukan Faktor Kelonggaran

Menurut Wignjosoebroto (2006) faktor kelonggaran merupakan tambahan waktu yang diberikan pada waktu normal yang berfungsi untuk mendapatkan waktu baku yang sesuai, dapat diterapkan, realistis, dan dapat dicapai. Karena yang dikerjakan dalam hal ini bukan robot, melainkan manusia yang memiliki rasa lelah maka mucullah faktor kelonggaran yang digunakan sebagai waktu istirahat sejenak bagi pekerja. Karena berdasarkan kenyataan dalam kondisi pada lapangan, seorang pekerja tidak dapat bahkan tidak memiliki kemampuan untuk melakukan pekerjaan secara terus menerus selama jam kerja, seorang pekerja juga seharusnya mendapatkan waktu khusus yang diberikan untuk memenuhi kebutuhan seperti kebutuhan pribadi, istirahat, dan beberapa alasan yang tidak dapat diduga dan dikontrol. Waktu khusus tersebut adalah waktu kelonggaran. Waktu kelonggaran sendiri memiliki beberapa jenis klasifikasi. Berikut merupakan klasifikasi dari waktu kelonggaran yang digunakan untuk menentukan waktu baku.

a. Kebutuhan-kebutuhan yang bersifat pribadi

Waktu yang diberikan kepada pekerja yang digunakan untuk kegiatan diluar operasi produksi seperti buang air, minum, dan berbicara dengan rekan kerja mengenai hal-hal yang tidak ada kaitannya dengan pekerjaan.

b. Kelonggaran untuk beristirahat sejenak (menghilangkan kelelahan)

Waktu yang diberikan kepada pekerja yang digunakan untuk mengembalikan stamina fisik maupun mental dari kelelahan karena bekerja seperti relaksasi, duduk sementara waktu, dan lain-lain

c. Kelonggaran untuk alasan yang tidak terduga dan tidak dapat dikontrol.

Kelonggaran yang diluar kontrol dari seorang pekerja sehingga hal tersebut tidak dapat dihindarkan. Kejadian yang dapat diperhitungkan disini seperti, mesin *breakdown*, jarum patah, bahan baku habis sehingga harus mengambil digudang dan lain sebagainya.

Berdasarkan penjelasan yang sudah dijelaskan diatas bahwa pekerja siapapun jika pekerja tersebut masih manusia dapat dipastikan pekerja tersebut tidak dapat bekerja secara terus menerus dan konsisten, oleh karena itu pada saat menentukan waktu baku diperlukan adanya perhitungan faktor kelonggaran yang pekerja butuhkan. Setelah waktu normal serta waktu kelonggaran didapatkan, maka waktu baku dapat dihitung.

2.10. Perhitungan Waktu Baku

Menurut Wignjosoebroto (2006) Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja dalam melakukan pekerjaannya dengan kondisi kecepatan yang normal dan mempertimbangkan adanya faktor kelonggaran seperti kebutuhan pribadi (buang air, minum, istirahat sejenak), faktor kelelahan, dan adanya keterlambatan. Beberapa langkah yang sebaiknya dapat dilakukan sebelum menentukan waktu baku adalah:

- a. Menentukan waktu normal.
- b. Menentukan faktor kelonggaran.
- c. Menentukan tingkat performansi pekerja.

Waktu baku dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

$$Wb = Wn \times (1 + \text{Faktor Kelonggaran}) \quad (2.7)$$

Dimana:

Wb = Waktu baku (satuan waktu)

Wn = Waktu normal (satuan waktu)

2.11. Hubungan antara waktu baku, waktu transport dan waktu tunggu

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja dalam melakukan pekerjaannya dengan kondisi kecepatan yang normal dan mempertimbangkan adanya faktor kelonggaran seperti kebutuhan pribadi (buang air, minum, istirahat sejenak), faktor kelelahan, dan adanya keterlambatan. Sedangkan waktu transport merupakan waktu perpindahan yang dibutuhkan oleh produk dari stasiun kerja satu ke stasiun kerja lainnya. Dan waktu tunggu merupakan waktu yang dibutuhkan produk untuk diproses pada proses selanjutnya. Hubungan dari ketiga waktu tersebut adalah dalam suatu proses produksi dibutuhkan adanya ketiga waktu tersebut yang harus diperhitungkan.

2.12. Perhitungan Jumlah *Output* Secara Teoritis

Jumlah *output* secara teoritis merupakan jumlah produk yang dapat diselesaikan dalam satuan waktu yang dihitung berdasarkan waktu baku yang sudah didapatkan. Dalam hal ini jumlah *output* yang dihitung merupakan jumlah *output* harian yang dapat dihasilkan oleh masing-masing stasiun kerja. Dalam perhitungan jumlah *output* secara teoritis, waktu baku digunakan sebagai dasar untuk menghitung jumlah *output* secara teoritis. Rumus perhitungan jumlah *output* secara teoritis didapatkan dari hasil pengamatan lapangan yang sudah dilakukan

lalu dirumuskan menjadi rumus jumlah *output* secara teoritis. Rumus untuk jumlah *output* secara teoritis adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah } output \text{ secara teoritis} = \frac{(\text{Jam Kerja-Waktu Persiapan}) \times 60}{\text{Waktu Operasi}} \quad (2.8)$$

Perhitungan jumlah *output* secara teoritis dilakukan untuk seluruh stasiun kerja penembakan, penjahitan dan *packing*.

2.13. *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan)

Fish Bone Diagram (Diagram Tulang Ikan) atau biasa dikenal dengan diagram sebab akibat yang digunakan untuk menunjukkan hubungan suatu proses atau situasi untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan menganalisis penyebab dari suatu persoalan atau permasalahan yang terjadi. *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) menggambarkan garis dan simbol yang menunjukkan hubungan antara penyebab dan akibat dari suatu permasalahan. Dalam proses pembuatan *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) terdapat beberapa faktor utama yang penting sebagai dasar dalam menentukan faktor-faktor tersebut diantaranya adalah manusia, material, mesin, metode, dan lingkungan. Berikut ini merupakan Langkah-langkah yang dapat digunakan dalam pembuatan *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan):

- a. Menentukan karakteristik yang dapat diperbaiki atau dianalisis penyebabnya. Dalam dasar teorinya *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) memiliki 6 kategori yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan karakteristik, diantaranya adalah manusia, material, mesin, metode, pengukuran atau inspeksi dan lingkungan.
- b. Menuliskan karakteristik dengan simbol kotak yang diletakkan pada sisi kanan, lalu gambar garis panah dari kiri ke kanan sampai ujung panah menyentuh kotak.
- c. Melakukan pencarian faktor utama yang mempengaruhi atau mengakibatkan masalah tersebut dapat terjadi.
- d. Melakukan pengembangan dengan mencari dan mendefinisikan secara lebih detail terhadap faktor-faktor yang digambarkan menggunakan tulang dengan simbol anak panah.
- e. Menentukan penyebab-penyebab yang mungkin menyebabkan karakteristik tersebut dapat terjadi (temukan sebanyak mungkin).
- f. Menentukan prioritas terhadap penyebab yang diduga sangat menentukan karakteristik tersebut dapat terjadi.

2.13.1. Manfaat *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan)

Dengan adanya *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) tentu dapat memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang terjadi dalam segala level baik pada level organisasi, tim bahkan individu. *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) memiliki banyak manfaat dan kegunaan dalam menganalisis suatu permasalahan. Berikut ini merupakan beberapa manfaat yang didapatkan dari *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) diantaranya adalah:

- a. Membuat permasalahan yang ada menjadi lebih mudah untuk memfokuskannya, sehingga organisasi, tim bahkan individu sekalipun dapat memfokuskannya langsung kepada permasalahan utama dengan adanya focus terhadap permasalahan utama maka otomatis permasalahan tersebut akan menjadi masalah prioritas yang harus selesaikan terlebih dahulu.
- b. Mempermudah untuk mengilustrasikan gambaran singkat mengenai permasalahan dari organisasi, tim maupun individu. Dengan adanya *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) ilustrasi yang ditampilkan sangat ringkas dan sederhana sehingga mudah untuk memahami permasalahannya.
- c. Mendapatkan kesepakatan mengenai penyebab dari suatu masalah. Metode *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) biasanya menggunakan Teknik *brainstorming* sebagai alat untuk memberikan saran mengenai penyebab timbulnya suatu permasalahan. Sehingga dengan semakin banyaknya saran yang ada maka akan lebih mudah untuk menentukan permasalahan yang bagaimana yang harus dijadikan permasalahan utama termasuk dalam menentukan penyebab yang dominan yang menyebabkan permasalahan tersebut dapat terjadi.
- d. Melatih kerja sama tim dalam mendapatkan solusi. Ketika didapatkan penyebab dari suatu masalah, maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah mendapatkan solusi melalui dukungan dari anggota tim.
- e. Membuat diskusi menjadi lebih terarah. Dengan adanya *Fish Bone Diagram* (Diagram Tulang Ikan) ini akan memfokuskan setiap pembahasan mengenai penyebab dari suatu masalah sehingga diskusi yang dilakukan tidak terlalu luas dan memfokuskan kepada penyebab dan permasalahan yang ada.

2.14. Simulasi

2.14.1. Definisi Simulasi

Simulasi merupakan metode dan aplikasi yang dapat digunakan menirukan pengoperasian suatu proses atau sistem nyata yang sudah ada sebelumnya dari

waktu ke waktu. Simulasi dapat dilakukan menggunakan tangan atau komputer namun, biasanya dilakukan menggunakan bantuan komputer. Simulasi juga melibatkan pemodelan dari suatu sistem dan pengamatan yang digunakan sebagai salah satu faktor dalam melakukan simulasi yang nantinya dari simulasi yang dilakukan akan didapatkan kesimpulan mengenai karakteristik operasi dari sistem nyata (Bank,1990). Simulasi dilakukan jika terdapat kejadian tertentu yang tidak dapat diselesaikan dengan perhitungan analitik, dan hasil dari simulasi merupakan hasil pendekatan dari kejadian yang sebenarnya terjadi. Dalam pembuatan suatu model simulasi juga dibutuhkan beberapa asumsi terhadap kondisi sesungguhnya dalam sistem yang akan disimulasikan, sehingga model yang dibuat menjadi lebih sederhana dan lebih mudah untuk direalisasikan.

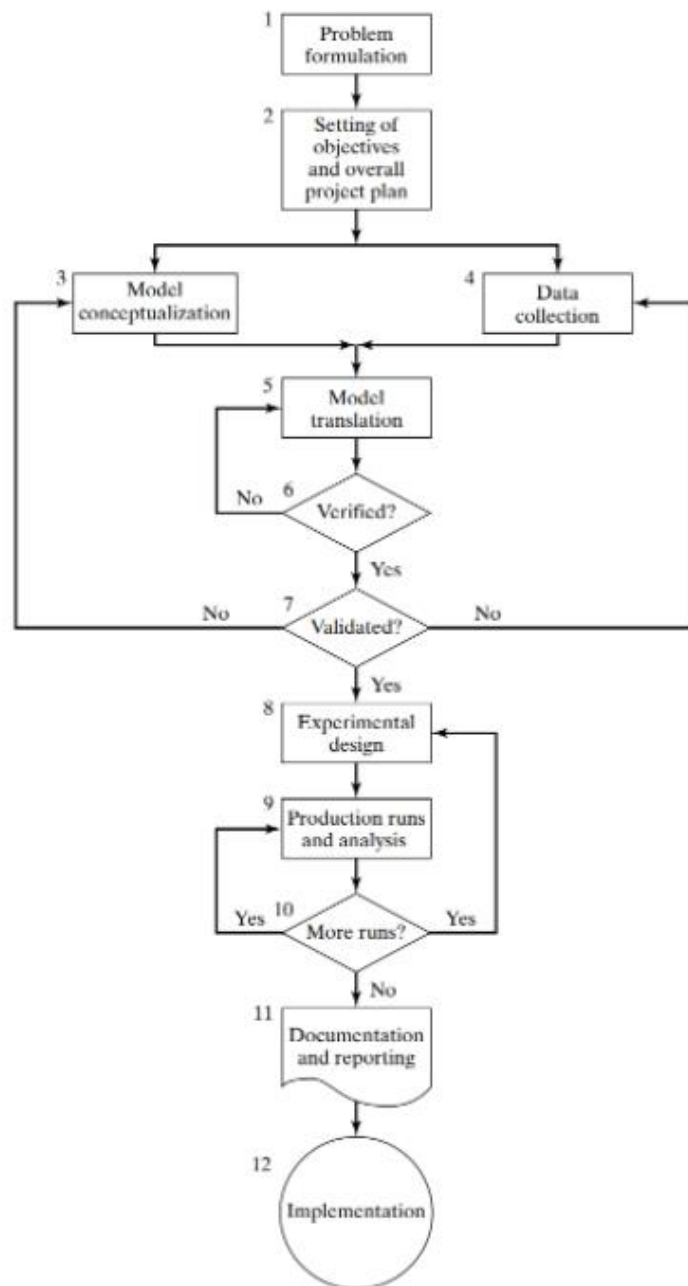
Perubahan-perubahan yang mungkin terjadi serta kejadian yang seringkali muncul dalam simulasi, biasanya dapat berkaitan erat dengan waktu. Terdapat dua cara untuk merepresentasikan perubahan waktu yaitu diskret dan kontinyu. Simulasi dengan menggunakan sistem diskret merupakan simulasi dengan perubahan yang terjadi dan muncul secara diskret terhadap waktu. Sedangkan simulasi dengan sistem kontinyu menggunakan representasi waktu secara kontinyu.

2.14.2. Simulasi Diskret

Simulasi diskret merupakan simulasi yang digunakan untuk model-model diskret dengan kata lain model yang variable statenya mengalami perubahan secara diskret terhadap waktu. Oleh karena itu, kejadian yang muncul dapat dilakukan pendataan dan menggunakan interval waktu simulasi yang konstan (tetap).

2.14.3. Tahapan Dalam Melakukan Simulasi

Dalam melakukan simulasi terdapat tahapan-tahapan yang dapat dilakukan, gambar 2.5 merupakan flowchart dari tahapan yang biasanya digunakan dalam melakukan simulasi. Dalam tahapan tersebut terdapat 12 tahapan yang akan dibahas satu persatu.



Gambar 2. 5. Tahapan Pembuatan Simulasi

(Sumber: Banks, 1990)

a. Merumuskan Masalah

Dalam melakukan segala sesuatu diperlukan untuk merumuskan terlebih dahulu permasalahan yang ingin diselesaikan. Merumuskan masalah harus jelas dan dapat dipahami. Untuk merumuskan masalah terdapat dua hal yang harus dipastikan, pertama jika permasalahan didapatkan dari *stakeholder* didalam maka analis harus memastikan bahwa permasalahan yang dijelaskan dapat dipahami dengan jelas. Namun sebaliknya jika permasalahan didapatkan berdasarkan hasil

pengembangan dari analisis, maka perlu dipastikan bahwa *stakeholder* dapat memahami dan menyetujui rumusan masalah tersebut. Dengan adanya perumusan masalah maka penyelesaian masalah akan lebih terarah dan tepat sasaran walaupun dalam kenyataannya perumusan masalah dapat dirumuskan kembali seiring berjalannya studi yang dilakukan, hal tersebut merupakan hal yang wajar karena dalam studi seringkali terdapat pengembangan-pengembangan masalah yang terjadi di lapangan.

b. Menetapkan Tujuan Dan Rencana Proyek Secara Keseluruhan

Penetapan tujuan harus dapat menunjukkan pertanyaan-pertanyaan yang harus dapat diselesaikan dengan menggunakan simulasi. Pada tahap ini, penetapan tujuan dibuat agar memastikan bahwa metodologi simulasi merupakan metodologi yang tepat serta dapat digunakan untuk menyelesaikan perumusan masalah yang sudah dirumuskan dan tujuan yang sudah ditentukan.

c. Konseptualisasi Model

Konseptualisasi model merupakan seni pemodelan yang ditingkatkan melalui kemampuan untuk mengabstraksikan fitur-fitur penting dari suatu permasalahan, untuk melakukan pemilihan dan memodifikasi asumsi dasar yang menjadi ciri-ciri dari suatu sistem agar dapat memperkaya dan menguraikan suatu model sampai hasil dari model tersebut dapat mendekati benar. Untuk membangun konseptualisasi model sebaiknya dimulai dari model yang sederhana lalu seiring berjalannya studi membangun model menuju kompleksitas yang lebih besar. Namun tidak semua konseptualisasi model yang sederhana dapat diubah menjadi model yang memiliki kompleksitas yang lebih besar, tetapi konseptualisasi model harus disesuaikan dengan kebutuhan dan yang pasti harus dapat mencapai tujuan model yang dibuat. Dengan adanya konseptualisasi model harapannya akan meningkatkan kualitas model yang dihasilkan dan meningkatkan kepercayaan dari pengguna model dalam penerapan model itu sendiri.

d. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan memiliki interaksi yang konstan dengan konstruksi model, karena kompleksitas model yang berubah maka dibutuhkan perubahan pada elemen data yang diperlukan. Pengumpulan data sebaiknya dapat dilakukan secara bersamaan seiring berjalannya pembuatan model karena sebagian besar data dibutuhkan pada saat melakukan simulasi. Pengumpulan data bertujuan untuk menentukan sebagian besar jenis data yang akan

dikumpulkan. Jenis data yang sudah dikumpulkan akan digunakan untuk memvalidasi model simulasi

e. Terjemahan Model

Terjemahan model merupakan tahapan untuk menjelaskan model yang biasanya menggunakan perangkat lunak seperti *Arena*, *ProModel*, dan lain-lain. Sebagian besar sistem di dunia nyata menghasilkan model dengan jumlah penyimpanan dan komputasi informasi yang sangat banyak, sehingga sebaiknya model dapat dimasukkan ke dalam format yang dapat dikenali oleh komputer.

f. Verifikasi

Verifikasi merupakan tahapan untuk memastikan bahwa dengan program komputer yang sudah disiapkan apakah sudah sesuai dengan model simulasi yang akan dijalankan. Memastikan model yang kompleks dan sulit tersebut dapat menerjemahkan model dengan baik secara keseluruhan. Jika parameter input dan struktur logika model sudah terwakili dengan benar, maka tahapan verifikasi sudah selesai.

g. Validasi

Validasi biasanya dilakukan dengan melakukan kalibrasi pada model, proses yang berulang untuk membandingkan model yang sudah dibuat dengan perilaku sistem secara aktual. Validasi digunakan untuk menyempurnakan model yang sudah dibuat, proses validasi dapat dilakukan secara berulang-ulang sampai akurasi model dirasa dapat diterima.

h. Desain Eksperimental

Dalam simulasi harus ditentukan alternatif yang akan disimulasikan. Seringkali, keputusan untuk menentukan alternatif yang akan disimulasikan akan menjadi fungsi dari proses yang telah dianalisis dan diselesaikan. Untuk setiap desain sistem yang disimulasikan, dibutuhkan keputusan untuk menentukan lamanya periode inisialisasi, lamanya simulasi berjalan, dan jumlah perulangan yang akan dibuat untuk setiap prosesnya.

i. Produksi berjalan dan analisis

Tahap selanjutnya adalah proses produksi dan analisis yang digunakan untuk memperkirakan ukuran kinerja untuk sistem yang sudah didesain yang sudah disimulasikan.

j. Lebih Banyak Proses

Pada tahap Lebih Banyak Proses ini adalah tahapan setelah analisis proses sudah selesai dilaksanakan, analisis akan menentukan apakah proses tambahan

diperlukan dan desain apa yang harus disesuaikan dengan eksperimen tambahan tersebut.

k. Dokumentasi dan pelaporan

Dokumentasi dibagi menjadi dua jenis yaitu dokumentasi program dan dokumentasi kemajuan. Dokumentasi program merupakan dokumentasi yang dapat digunakan oleh analis yang sama ataupun berbeda, analis hanya perlu memahami bagaimana program tersebut dapat beroperasi, dengan adanya dokumentasi program maka akan menciptakan kepercayaan pada program sehingga pengguna model dan pembuat kebijakan dapat mengambil keputusan berdasarkan analisis yang sudah dilakukan. Selain itu dokumentasi program juga dapat dimodifikasi oleh analis yang sama maupun berbeda, hal tersebut dapat dilakukan jika dokumentasi program memadai. Selain itu dokumentasi program juga membuat pengguna model dapat mengubah parameter sesuai dengan kebutuhan untuk mempelajari hubungan antara parameter masukan dan ukuran keluaran kinerja atau dapat mengoptimalkan beberapa ukuran keluaran kinerja. Dokumentasi kemajuan merupakan dokumentasi tahapan dari awal sampai akhir dari sebuah simulasi, dokumentasi kemajuan berfungsi untuk memantau bahwa simulasi selalu mengalami progress dan memastikan bahwa simulasi terus berjalan untuk dikerjakan. Dokumentasi kemajuan meliputi pencapaian, permintaan perubahan, keputusan penting dan item penting lainnya. Hasil dari analisis setiap laporan harus dilaporkan dengan jelas dan ringkas, dengan adanya pelaporan yang jelas maka akan memungkinkan untuk pengguna model untuk meninjau formulasi akhir, sistem alternatif yang dibahas, kriteria yang digunakan untuk membandingkan alternatif, hasil eksperimen dan solusi yang direkomendasikan untuk permasalahan tertentu.

l. Penerapan

Keberhasilan tahap implementasi bergantung pada seberapa baik kesebelas tahap sebelumnya sudah dilakukan, selain itu ketelitian dari seorang analis dalam melibatkan penggunaan model juga menjadi faktor dalam keberhasilan dalam proses keseluruhan simulasi. Jika pengguna model telah terlibat selama proses pembangunan model dan pengguna model memahami sifat model dan keluarannya, kemungkinan implementasi dapat meningkat menjadi lebih kuat.

Dalam proses pembangunan model pada gambar 2.5 dapat dibagi menjadi empat tahap. Tahap pertama terdiri dari langkah 1 (Rumusan Masalah) dan langkah 2 (penetapan tujuan dan desain keseluruhan), pada tahap pertama ini merupakan

tahap penemuan atau orientasi. Pada tahap pertama ini tujuan awal biasanya masih kurang jelas, tujuan awal harus diatur ulang dan rencana awal biasanya harus disesuaikan. Tahap kedua adalah pembuatan model dan pengumpulan data yang mencakup Langkah 3 (Konseptualisasi Model), 4 (Pengumpulan Data), 5 (Terjemahan Model), 6 (Verifikasi), dan 7 (Validasi). Untuk interaksi yang sifatnya berkelanjutan diperlukan Langkah-langkah yang sudah disebutkan sebelumnya. Tahap ketiga adalah berhubungan dengan menjalankan model yang sudah dibuat yang melibatkan langkah 8 (Desain Eksperimental), 9 (Proses Produksi dan Analisis), 10 (Lebih Banyak Proses). Dalam tahap ini harus ada rencana yang disusun secara komperhensif untuk melakukan eksperimen dengan model simulasi. Simulasi stokastik untuk peristiwa diskret sebenarnya merupakan eksperimen statistik dengan variable keluaran yang merupakan perkiraan yang mengandung kesalahan acak, oleh karena itu dibutuhkan analisis stastistik sebelum melakukan simulasi. Tahap keempat adalah implementasi yang melibatkan langkah 11 (Dokumentasi dan Pelaporan) dan 12 (Implementasi). Implementasi yang berhasil bergantung kepada keterlibatan dari keberlanjutan dari pengguna model dan pada keberhasilan penyelesaian untuk setiap Langkah dalam proses. Langkah yang seharusnya menjadi poin penting dari keseluruhan proses adalah Langkah 7 (Validasi), karena model yang tidak valid akan menghasilkan hasil yang salah dan jika diterapkan dapat berakibat kepada kerugian perusahaan.